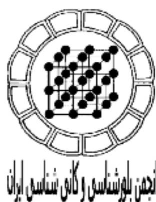
مقاله پژوهشی

مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



سال سی ام، شمارهٔ چهارم، زمستان ۱۴۰۱، از صفحهٔ ۶۸۳ تا ۶۹۶

بررسی کانه‌زایی و میانبارهای سیال منطقه کمر-گوو، جنوب هشتجین، استان اردبیل، شمال‌غرب ایران

ربابه معصومی*[1]، یوسف رحیم‌سوری[1]، حمایت جمالی[2]، علی عابدینی[1]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱/۱۷، نسخه نهایی: ۱۴۰۱/۳/۲۳)

چکیده: منطقه مورد بررسی کمر-گوو، در جنوب شهرستان هشتجین، در استان اردبیل (شمالغرب ایران) واقع است. واحدهای زمین-شناسی منطقه شامل گدازه‌ها (با ترکیب تراکی آندزیت بازالتی تا ریولیتی)، نفوذی‌های نیمه عمیق (به شکل دایک و استوک با ترکیب تراکی آندزیت و تراکیت پورفیری) و بلوری، توف شیشه‌ای یا سنگی (با ترکیب حدواسط و اسیدی) هستند. پهنه‌های وسیع دگرسانی-های سیلیسی، سریسیتی-آرژیلیکی، آرژیلیک پیشرفته و کلریتی در این سنگ‌ها گسترده شده‌اند. پیریت کانی فلزی رایج در منطقه بوده که تقریباً در همه واحدهای سنگی گسترش یافته است. افزون بر پیریت، کالکوپیریت، کالکوسیت، گالن، اسفالریت، مگنتیت و هماتیت نیز وجود دارند. کانه‌های برونزاد شامل کوولیت، دیژنیت و گوتیت هستند. کانه‌ها به شکل رگچه، افشان، افشان-لایه‌ای و درون رگه-رگچه‌های سیلیسی در بلور، توف‌های تراکی آندزیتی شیشه‌ای و ریولیت تشکیل شده‌اند. در کانی‌های کوارتز درون رگه‌های سیلیسی دارای کانی‌سازی فلزی و همراه با کانی‌سازی فلزی افشان در متن سنگ، سه نوع میانبار سیال اولیه شامل دو فازی غنی از مایع، دو فازی غنی از بخار و سه فازی اشباع از نمک (فازهای مایع، بخار و هالیت + سیلویت) وجود دارند. ریز دماسنجی این میانبارها، گستره شوری در میانبارهای سیال غنی از مایع را ۱٫۰۵ تا ۱۴ درصد وزنی معادل نمک طعام و بیشترین فراوانی دماهای همگن شدن فازی را از ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه نشان می‌دهد. نوع کانه‌سازی در منطقه بر اساس ویژگی‌هایی چون شکل رگه- رگچه‌ای کانی‌سازی، گسترش بافت‌های نواربندی متقارن و گل کلمی، رخداد کانی‌سازی فلزهای پایه، وجود مجموعه کانیایی کائولینیت- موسکویت – پیریت ± اسفالریت، شوری و دمای متوسط سیال کانه‌ساز و اثر احتمالی فرآیند جوشش، شبیه کانسارهای فراگرمایی سولفیدشدگی حدواسط است.

واژه‌های کلیدی: *کانی‌سازی فلزهای پایه؛ دگرسانی گرمابی؛ میانبارهای سیال؛ کانسار فراگرمایی سولفیدشدگی حدواسط؛ کمر- گوو.*

مقدمه

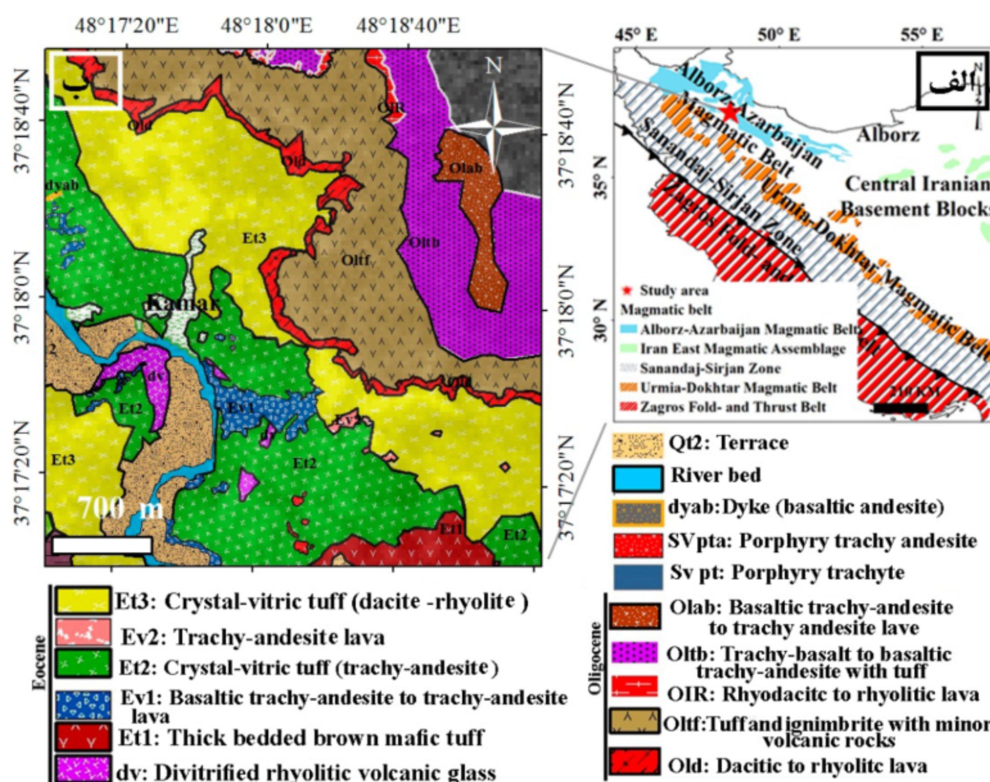
منطقه مورد بررسی کمر-گوو در فاصله تقریبی ۷ کیلومتری جنوب شهرستان هشتجین (جنوب غربی شهر خلخال) در استان اردبیل (شمال‌غرب ایران) واقع است. منطقه هشتجین بخشی از کمربند طارم- هشتجین است (شکل ۱). کمربند فلز-زایی طارم-هشتجین از جمله ایالت‌های مهم فلززاییِ کمربند ماگمایی البرز- آذربایجان در شمال‌غربی ایران است که کانی‌زایی‌های فلزی مختلف از جمله تعدادی ذخایر فراگرمایی طلا، نقره و فلزهای پایه نوع سولفیدشدگی پایین (کانسار چارگر و نیکوئیه) [۱، ۲]، سولفیدشدگی حدواسط (کانسارهای آق‌کند، گلوجه، لهنه و شاه‌علی‌بیگلو) [۳- ۶] و سولفیدشدگی درجه بالا (کانسار چدراچی- خلیفه‌لو) [۷، ۸]، ذخیره مس-نقره نوع مانتو (کانسار ماری) [۹] و کانسار اکسید آهن- آپاتیت (کانسار سرخه دیزج) [۱۰] در آن شکل گرفته‌اند.

پی‌جویی در این منطقه از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹ توسط سازمان صنایع و معادن استان اردبیل و سازمان توسعه و

*نویسنده مسئول، تلفن: ۳۲۹۷۲۱۳۴ (۰۴۴)، نمابر: ۳۲۷۷۶۷۰۷ (۰۴۴)، پست الکترونیکی: Robabe.masoomi@yahoo.com

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]

[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]



شکل ۱ (الف) موقعیت پهنه‌های زمین ساختی ایران [۱۱] و محل منطقه مورد بررسی، (ب) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ [۱۲] با کمی تغییرات).

نوسازی معادن کشور (ایمیدرو) صورت گرفته است. افزون بر این، پژوهش‌های مختلفی [۱۱، ۱۳] طی بررسی‌های سنگ-شناسی نوار ماگمایی البرز غربی - آذربایجان، بر منطقه هشتجین انجام شده که نشان‌دهنده گسترش پهنه‌های دگرسانی وسیع به همراه کانه‌زایی در این منطقه است. در این منطقه، سنگ‌های آتشفشانی، نیمه عمیق و آذرآوارای با ماهیت آهکی قلیایی و شوشونیتی با پتاسیم بالا رخنمون دارند [۱۱] که در غالباً دستخوش دگرسانی‌های گسترده گرمابی شده‌اند. در منطقه کمر-گوو، تنها یک بررسی موردی درباره زمین شیمی عناصر اصلی و ردیاب دگرسانی‌های آرژیلیک موجود صورت گرفته است [۱۴]. تاکنون پژوهشی پیرامون نوع احتمالی کانه‌سازی منطقه (بر پایه بررسی‌های دگرسانی، کانه-سازی و میانبارهای سیال) انجام نشده است. در این پژوهش، زمین‌شناسی کانی‌سازی‌های فلزی با سنگ نگاری سنگ‌های میزبان و رگه‌ای کانه دار به نسبت جامع و دقیق بررسی شده و شرایط فیزیکوشیمیایی سیال کانه‌ساز با بررسی میانبارهای سیال تعیین گردیده و سرانجام بر اساس نتایج بدست آمده نوع احتمالی کانه‌سازی منطقه مشخص می‌شود.

روش بررسی

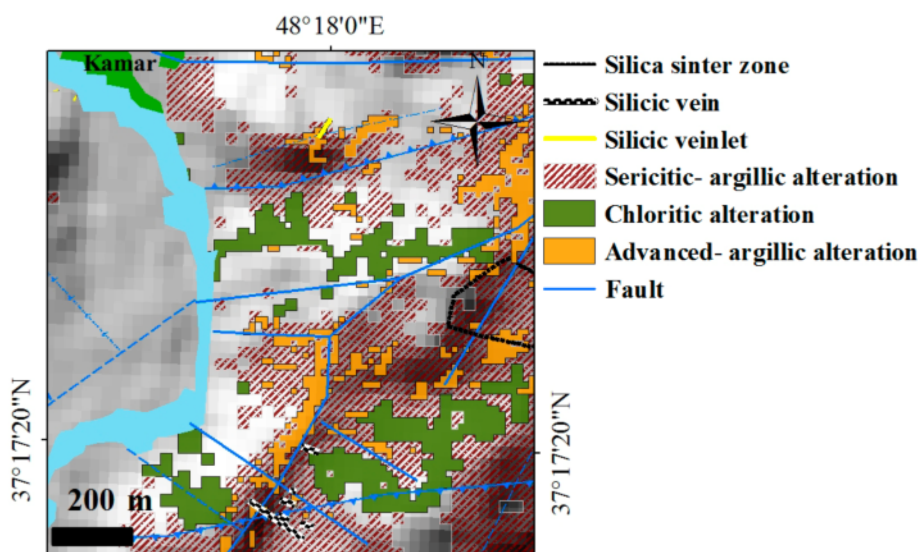
بررسی‌های این پژوهش در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شد. پیمایش‌های صحرایی و نمونه‌برداری سنگی با هدف شناسایی واحدهای سنگی مختلف در منطقه، چگونگی گسترش پهنه‌های دگرسانی و نوع و چگونگی کانی‌سازی‌های فلزی صورت گرفت. ویژگی‌های کانی‌شناسی، کانه‌نگاری و سنگ‌نگاری سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری با تهیه بیش از ۱۶۰ مقطع نازک و نازک-صیقلی و بررسی آنها با میکروسکوپ قطبشی در آزمایشگاه میکروسکوپی دانشگاه ارومیه مشخص شد. برای تعیین فازهای کانیایی دگرسانی‌های نامشخص، تعداد ۱۵ نمونه به روش پراش پرتو ایکس (XRD) با دستگاه فیلیپس مدل Xpert Pro با پرتوی Co Kα (۱٫۷۸۹۰۱۰ A)، در آزمایشگاه کانی‌شناسی شرکت فرآوری مواد معدنی ایران تجزیه شدند. بررسی میانبارهای سیال برای بلورهای کوارتز موجود در رگه‌های کوارتزی بخش نیمه شرقی (نمونه‌های 96-1K-23F، 96-1K-28F)، رگچه‌های سیلیسی در واحد توف ائوسن دارای کانی‌سازی اکسیدی و سولفیدی (نمونه‌های Km-DPS01 و KmDPS02) و بلورهای کوارتز در همراهی با

کانی‌های سولفیدی (پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و گالن) با بافت افشان (نمونه 10)، انجام شد. در این ارتباط، تعداد ۷ مقطع دوبر صیقل (با ضخامت تقریبی ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون) تهیه گردید. از این تعداد، ۶ مقطع در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران و یک مقطع در شرکت زمین ریزپردازان دانش (زمرّد) بررسی و میانبارهای سیال آنها ریز دماسنجی شدند.

اندازه‌گیری‌های ریز دماسنجی میانبارهای سیال درون بلورهای کوارتز منطقه بر اساس بررسی تغییرات فازی درون میانبار طی سرد کردن و گرم کردن انجام شد. طی فرآیند سرمایش، پارامترهایی چون دمای اولین ذوب (T_{Fm}) و دمای ذوب پایانی یخ (T_m) و طی فرآیند گرمایش، دمای همگن شدن فازهای بخار و مایع (T_h) اندازه‌گیری شد. مقدار شوری بر حسب درصد وزنی معادل نمک طعام (wt.% NaCl eq.) و براساس Tm_{ice} برای میانبارهای سیال محاسبه شده است. در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران، پارامترهای دمایی به کمک دستگاه ریز دماسنج لینکام مدل THMS600 نصب بر میکروسکوپ زایس Axioplan2 اندازه‌گیری شد. شوری در میانبارهای دوفازی با استفاده از بسته نرم افزاری Fluids modification: 2012 و با روش ستیل و همکاران [۱۵] برآورد شد. در شرکت زمین‌پردازان دانش (زمرُد)، ریزدماسنجی میانبارهای سیال به کمک صفحه گرم کننده و منجمد کننده لینکام مدل THMSG60 متصل به میکروسکوپ المپوس BX60 انجام شد. گستره دمایی این دستگاه، ۱۹۶- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد است. ویژگی‌های میانبارهای سیال در دمای اتاق بر پایه معیارهای رودر [۱۶] و شفرد و همکاران [۱۷] ثبت شد. همچنین نسبت‌های فاز بخار به سیال (V/L)، براساس جدول استاندارد پیشنهادی شفرد و همکاران [۱۷] ارزیابی شد.

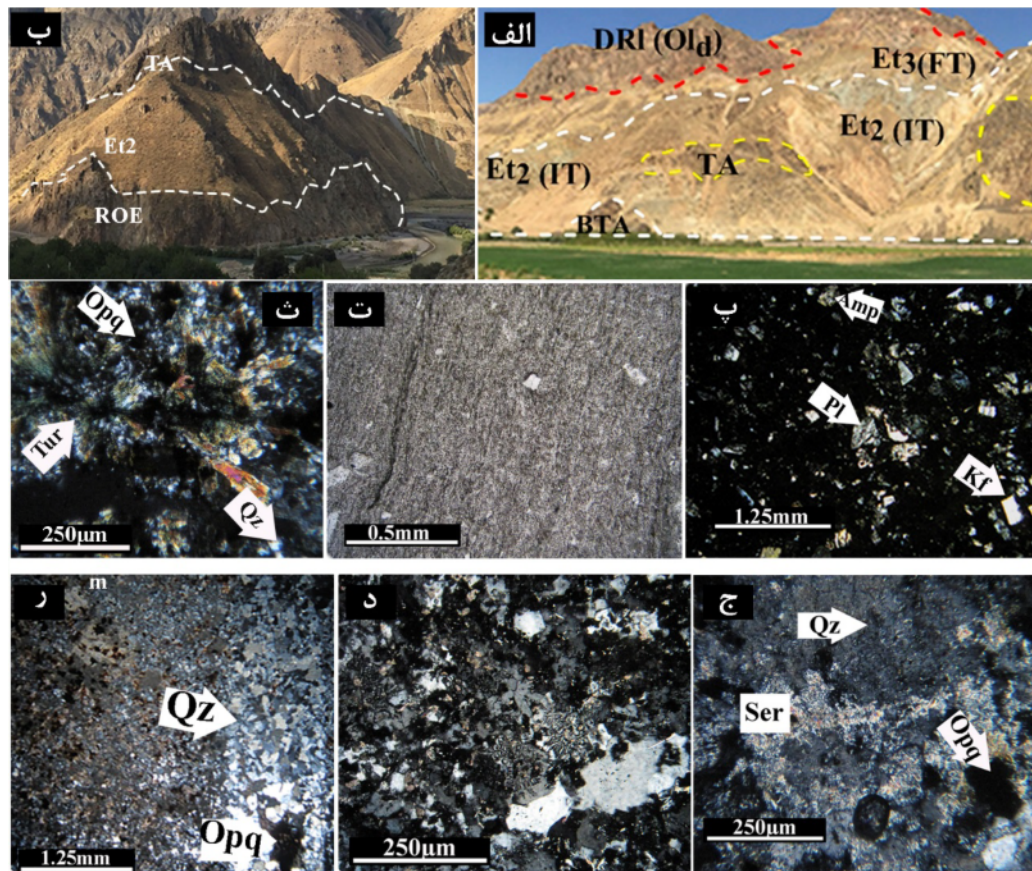
زمین‌شناسی

در مقیاس ناحیه‌ای، ارتفاع‌های منطقه هشتجین بخشی از رشته کوه‌های البرز غربی- آذربایجان است [۱۸] (شکل ۱ الف). نوار ماگمایی ترشیاری البرز غربی-آذربایجان از دیدگاه زمین ساختی، به موقعیت قوس ماگمایی پس از برخورد نسبت داده شده است [۱۱]. در مقیاس منطقه‌ای، واحدهای سنگی گستره کمر-گوو اغلب نهشته‌های گدازه‌ای، نفوذی‌های نیمه عمیق (به شکل دایک و استوک) و نهشته‌های آذرآواری هستند. نهشته‌های آذرآواری در تناوب با نهشته‌های گدازه آتشفشانی قرار دارند. سن این نهشته‌ها به ائوسن و الیگوسن نسبت داده شده است [۱۱] (شکل ۲). واحدهای سنگی ائوسن با واحد توف ضخیم‌لایه با ترکیب بازیک آغاز می‌شوند. واحد توف با ترکیب بازیک با ناپیوستگی در زیر واحد توف شیشه‌ای بلوری نازک لایه با تورق جریانی با ترکیب حدواسط قرار دارد. توف با ترکیب حدواسط، بیشتر ارتفاع‌های پایین دست منطقه را شامل می‌شود و دارای میان‌لایه‌هایی از گدازه‌های آتشفشانی (تراکی-آندزیت‌های بازالتی و تراکی‌آندزیت)، سنگ‌های نیمه عمیق (تراکی‌آندزیت و تراکیت‌های فلدسپاتوئیددار پورفیری) و دایک-هایی با ترکیب آندزیت بازالتی و آندزیتی است (شکل ۳ الف).



شکل ۲ نقشه دگرسانی‌های منطقه کمر-گوو به همراه رگه-رگچه‌های سیلیسی و پهنه چشمه سنگ سیلیکا سینتر.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]



شکل ۳ (الف) ارتباط توف بلوری شیشه‌ای (با ترکیب حدواسط) با دیگر واحدهای سنگی در نیمه شرقی منطقه مورد بررسی (دید به سمت شمال-شرق؛ تراکی آندزیت بازالتی (BTA)، توف با ترکیب حدواسط (IT) واحد Et_2، توف با ترکیب اسیدی (FT) واحد Et_3، تراکی آندزیت (TA)، گدازه ریولیتی تا داسیتی (DRl) واحد Ol_d؛ (ب) سنگ ریولیتی (ROE) دربردارنده رگچه‌های داربستی در نیمه غربی منطقه. (زاویه سمت دید تصویر ۱۷۵ درجه) (پ) بلورهای شکسته و زاویه‌دار فلدسپار قلیایی، پلاژیوکلاز و آمفیبول در توف شیشه‌ای بلوری با ترکیب حدواسط (نور قطبیده متقاطع، XPL)؛ (ت) تورق جریانی و آرایش جریانی کانی‌ها در توف با ترکیب حدواسط (نور قطبیده صفحه‌ای، PPL)؛ (ث) تورمالینی شدن و تشکیل کانی‌های تیره (پیریت) در محل تورق توف تراکی آندزیتی (XPL)؛ (ج) بافت ریز میکروپوئی‌کلیتیک (در برگرفته شدن سریسیت‌های ناشی از دگرسانی فلدسپار توسط کوارتز) در شیشه‌های ریولیتی شده (XPL)؛ (چ) بافت گرانوفیر ناشی از بازتبلور شیشه ریولیتی (XPL)؛ (ح) رگچه کوارتز دارای کانی تیره در شیشه‌های ریولیتی شده (XPL). (Pl)، پیروکسن (Px)، پلاژیوکلاز کانی تیره (Opq)، تورمالین (Tur)، کوارتز (Qz)، فلدسپارقلیایی (Kf)، پومیس (P)، نفلین (Nph)، سانیدین (Sa)، کلسیت (Cal) علامت اختصاری کانی‌ها از [۱۹].

کانی‌سازی‌های فلزی همراه رگه‌های سیلیسی و افشانه‌های لایه‌ای چینه کران به همراه گستره‌های وسیع دگرسانی غالباً در واحد توف با ترکیب حدواسط رخ داده‌اند. به سمت ارتفاع‌های بالادست، ترکیب نهشته آذرآواری به تدریج اسیدی می‌شود. در نیمه غربی، شیشه‌های اسیدی ریولیتی شده در زیر واحد توف با ترکیب حدواسط قرار دارند (شکل ۳ ب) و میزبان رگچه‌های داربستی کوارتز (که گاهی با کانی‌سازی‌های اسفالریت، مگنتیت و هماتیت همراه شده‌اند) هستند. سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب اسیدی در نیمه شرقی منطقه گدازه‌های ریولیتی بوده که به دلیل وجود ناپیوستگی با واحد توف اسیدی به احتمال بسیار وابسته به الیگوسن هستند. گدازه‌های ریولیتی با ایگنمبریت‌های ریولیتی پوشیده شده‌اند. تراکی‌بازالت‌ها با میان‌لایه‌های نازک لایه آذرآواری و گدازه‌هایی از جنس تراکی-آندزیت بازالتی تا تراکی آندزیت در پایان توالی آتشفشانی منطقه مورد بررسی قرار دارند. واحدهای کواترنری برآمده از فعالیت‌های رودخانه قزل اوزن بوده و شامل پادگانه‌های قدیمی و جدید، آبرفت‌های بستر رودخانه قزل‌اوزن و مخروطه‌افکنه‌ها هستند (شکل ۱ ب). نیروها و فرآیندهای زمین‌ساختی که به طور قابل توجهی بر منطقه اثر داشته‌اند، باعث ایجاد گسل‌های با سازوکار متعدد، از جمله راستا لغز، عادی و معکوس با روند

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]

غالب شمال‌غربی-جنوب‌شرقی و شرقی-غربی شده‌اند. پهنه‌های دگرسانی گسترده که به نظر می‌رسد که اغلب با گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه در ارتباط هستند، بر بیشتر نهشته‌های آذرآواری و آتشفشانی بخش‌های کم ارتفاع اثر گذاشته‌اند. دگرسانی‌های سیلیسی، سریسیتی- آرژیلیکی (نتیجه هم‌پوشی دگرسانی‌های سریسیتی و آرژیلیکی)، کلریتی (که اغلب در نهشته‌های آتشفشانی و نیمه عمیق وجود دارند) و آرژیلیک حدواسط و پیشرفته، از جمله دگرسانی‌های رایج در منطقه کمر-گوو هستند (شکل ۲).

بحث و بررسی

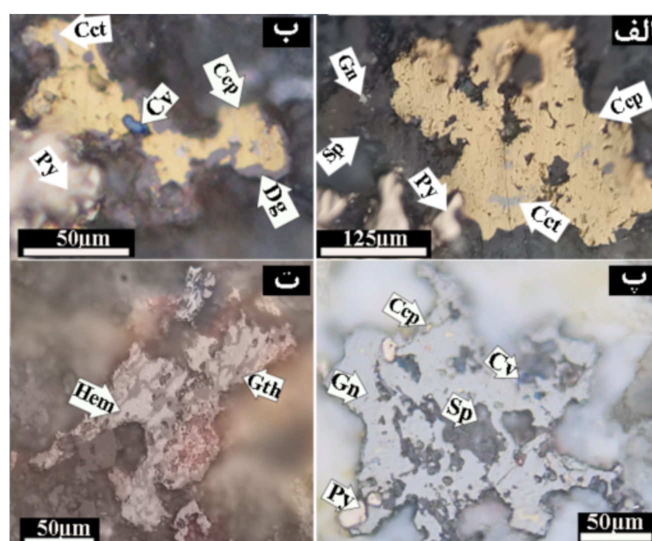
سنگ نگاری

در این بخش، واحدهایی که میزبان کانی‌سازی‌های سولفیدی و رگه-رگچه‌های سیلیسی هستند، مورد توجه قرار گرفته‌اند. توف بلوری شیشه‌ای میزبان کانی‌های سولفیدی (اغلب پیریت) و رگه‌های سیلیسی است. کانی غالب در این واحد بلورهای شکسته شده و زاویه‌دار و با اندازه کوچکتر از ۰/۵ میلی متر پلاژیوکلاز هستند. پس از پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی و آمفیبول کانی‌های دیگری هستند که در زمینه‌ای شامل خاکستر (به طور غالب) و شیشه، به طور جریانی آرایش یافته‌اند (شکل‌های ۳ پ و ت). رنگ این توف‌ها، طوسی و خاکستری روشن است و ساخت نواری نازک لایه دارند و بافت تورق جریانی در آنها دیده می‌شود (شکل‌های ۴ و ۵ ت). با توجه به گستره وسیع دگرسانی، تعیین دقیق ترکیب واحد بلوری توف شیشه‌ای ممکن نبوده است، اما با توجه به ترکیب کانی‌شناسی، می‌توان یک ترکیب حدواسط را برای آن در نظر گرفت. بیشتر بخش‌های این نهشته دستخوش گسل‌خوردگی و شکستگی شده‌اند و انواع دگرسانی‌های رسی، سیلیسی، سریسیتی، کلریتی، کربناتی و گاهی تورمالینی شدن در آن دیده می‌شوند. کانی‌های تیره (اغلب پیریت) و اکسیدهای آهن که گاهی در بین ورقه‌های جریانی نیز گسترده شده‌اند (شکل ۳ ث)، در بیشتر بخش‌های این نهشته آذرآواری مشاهده می‌گردند. بخش‌هایی از این واحد در نتیجه دگرسانی برونزاد و تبدیل کانی‌های تیره و اکسیدهای آهن به هیدروکسیدهای آهن به رنگ قهوه‌ای آغشته هستند.

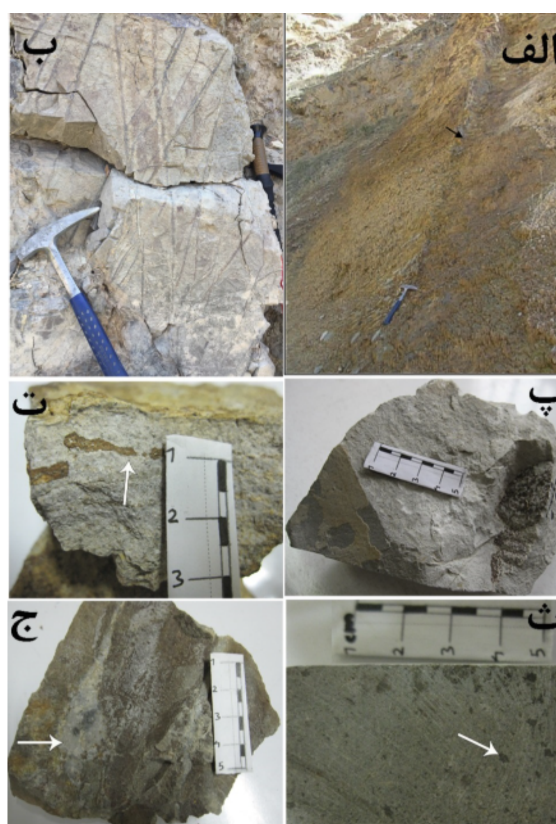
سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب اسیدی که در بخش قاعده واحد توف با ترکیب حدواسط و در نیمه غربی منطقه رخنمون دارند، شیشه‌های ریولیتی کرم رنگ نهان‌بلور هستند (شکل ۵ ب و ج) که از ریزدانه‌های بی‌شکل کوارتز و فلدسپار قلیایی تشکیل شده‌اند. در مقاطع میکروسکوپی، اندازه دانه‌های بی‌شکل کوارتز و فلدسپار در حد میکرومتر بوده و شناسایی آنها در بیشتر موارد با عدسی‌های شیئی با بیشترین بزرگنمایی میکروسکوپ ممکن است. بافت ریز میکروپوئی‌کلیتیک که در آن بلورهای کوارتز سریسیت‌های ناشی از دگرسانی فلدسپارهای پتاسیم (اورتوکلاز) را در بر گرفته‌اند (شکل ۳ ج) و بافت گرانوفیری برآمده از موزائیک‌های ریزبلور کانی‌های بی‌شکل کوارتز و فلدسپار قلیایی در این واحد سنگی دیده می‌شوند (شکل ۳ چ). بافت ریز میکروپوئی‌کلیتیک نتیجه فرآیند شیشه‌زدایی دما بالای (Devitrification) شیشه‌های سیلیسی (فلسیک) است و بافت گرانوفیری در اثر باز تبلور شیشه‌های فلسیک شکل می‌گیرد [۲۰]. رگچه‌های متقاطع کوارتز (با بافت داربستی، شکل‌های ۳ ح و شکل ۵ ب) دارای کانی‌های سولفیدی پیریت (به مقدار زیاد)، اسفالریت و گالن (به مقدار کم) و کانی‌های اکسیدی هماتیت و مگنتیت می‌باشند در این واحد دیده می‌شوند.

کانی‌سازی

کانی‌سازی سولفیدی در منطقه کمر-گوو، در اصل از نوع سولفیدی و غالباً شامل پیریت بوده که با اغلب دگرسانی‌های سیلیسی، سریسیتی، سریسیتی-آرژیلیکی و کلریتی دیده شده است. افزون بر پیریت، کانه‌سازی‌های محدود کالکوپیریت، کالکوسیت، اسفالریت، گالن، هماتیت و مگنتیت نیز صورت گرفته است (شکل ۴). کانه‌هایی چون کوولیت، دیژنیت و گوتیت نیز که برآمده از فرآیندهای برونزاد هستند، همراه کانه-های اولیه دیده می‌شوند. کالکوپیریت به طور بخشی (از لبه و در طول شکستگی‌ها) با دیژنیت و کوولیت، (شکل ۴ ب)، اکسیدهای آهن (به ویژه هماتیت) و پیریت با گوتیت و اسفالریت با کانی کوولیت (شکل‌های ۴ پ و ت) جایگزین شده‌اند. کوارتز و پیریت کانی‌های باطله اصلی همراه کانه‌سازی-های سولفیدی می‌باشند. سریسیت، کربنات‌ها (کلسیت و دولومیت)، کلریت (کلینوکلر)، کانی‌های فلزی نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل هستند. اندازه دانه‌های پیریت از ۱۰۰μm تا ۲mm و اندازه کانه‌های فلزهای پایه (کالکوپیریت، اسفالریت و گالن) اغلب از ۱۰۰μm تا ۲۰۰ μm متغیر است. از جمله بافت‌های رایج کانه‌سازی، بافت افشان در متن سنگ، رگچه‌ای و افشان-لایه‌ای (در بین ورقه‌های نازک توف) هستند (شکل‌های ۵ پ، ت و ث).



شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی از کانه‌سازی در منطقه مورد بررسی: (الف) و (ب) کانی‌سازی سولفیدی (پیریت، کالکوپیریت، کالکوسیت، اسفالریت و گالن) در جاییکه کانی‌های دیژنیت (پیرامون کالکوپیریت) و کوولیت در نتیجه دگرسانی برونزاد کالکوپیریت افشان در توف ائوسن شکل گرفته‌اند. (پ) کانی گالن به همراه پیریت، اسفالریت، کالکوپیریت و کانه‌سازی برونزاد کوولیت. (ت) هماتیت جایگزین شده توسط گوتیت در رگچه‌های سیلیسی دارای کانی‌سازی سولفیدی- اکسیدی. Sp: اسفالریت، Gn: گالن، Py: پیریت، Cv: کوولیت، Hem: هماتیت و Cct: کالکوسیت [۱۹].



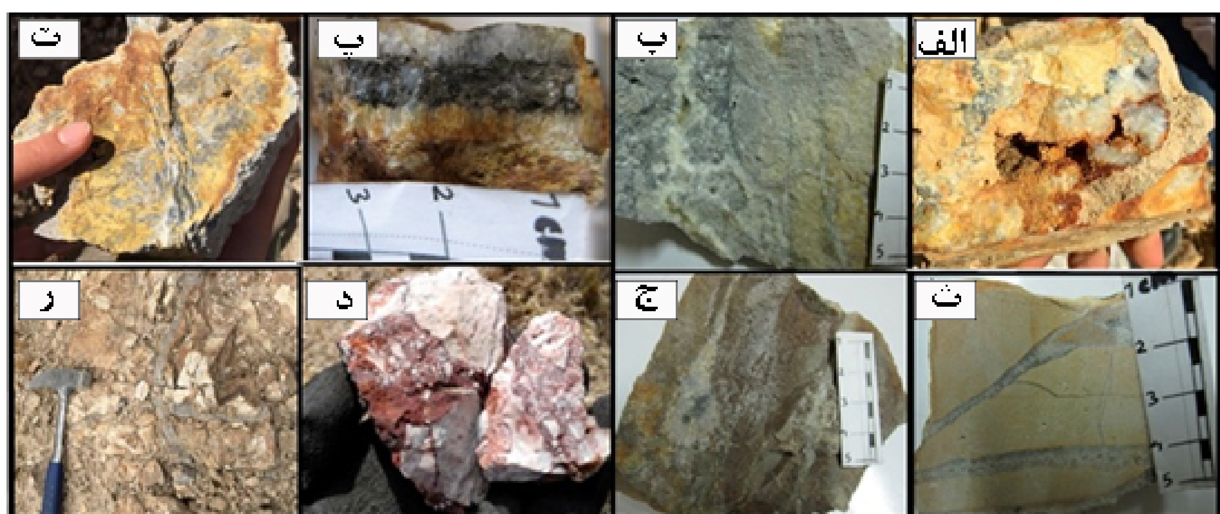
شکل ۵ تصاویر شکل‌های کانه‌سازی در منطقه مورد بررسی: (الف) رگه سیلیسی (پیکان) در واحد توف ائوسن (ب) دسته رگچه‌های سیلیسی در شیشه‌های ریولیتی شده (پ) رگچه اغلب پیریتی در نمونه توف با دگرسانی سریسیتی- آرژیلیکی (ت) افشان- لایه سولفیدی (اغلب پیریت) و اکسیدهای آهن (مگنتیت و هماتیت) همراه با اکسی- هیدروکسیدهای آهن با رنگ مایل به قهوه‌ای (برآمده از دگرسانی ثانویه). (ث) افشانه‌هایی از کانی‌سازی سولفیدی (پیریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، کوولیت و کالکوسیت) در نمونه توف با ترکیب حدواسط و با دگرسانی سریسیتی- آرژیلیکی (کانه‌ها با پیکان نشان داده شده‌اند) (ج) کانی‌سازی سولفیدی (پیکان) همراه رگچه سیلیسی در نمونه شیشه ریولیتی شده.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]

توف‌های با ترکیب حدواسط سنگ میزبان کانه‌سازی‌های با بافت افشان، افشان-لایه‌ای و رگچه‌ای هستند. این سنگ‌ها هم-چنین دربردارنده رگه‌های سیلیسی (به طور تقریبی ، با درازای متغیر ۱۰ تا ۱۷۵ متری و ضخامت ۵ تا ۳۰ متر) شیب ۸۰ تا ۸۵ درجه و با راستای شمال‌شرقی-جنوب‌غربی هستند. فراوانی کانه‌ها با بافت‌های رگچه‌ای، افشان و افشان لایه‌ای و همراه رگه‌های سیلیسی متغیر است. فراوان‌ترین کانی سولفیدی که همراه همه دگرسانی‌ها دیده می‌شود، کانی پیریت است که گاهی فراوانی آن تا بیش از ۱۰ درصد می‌رسد. فراوانی کانه‌های فلزهای پایه (کالکوپیریت، اسفالریت و گالن) به جز در دو رگه سیلیسی که تا ده درصد سطح مقطع را شامل می‌شوند، اغلب کمتر از یک درصد بوده است. بیشتر رگه‌های سیلیسی دیده شده در منطقه از نظر کانی‌سازی فلزهای پایه، بی‌بر بوده‌اند. این کانی‌سازی‌ها در توف‌های با ترکیب تراکی آندزیتی همراه با دگرسانی سریسیتی- آرژیلیکی و رگه-رگچه‌های سیلیسی دیده می‌شوند که با توجه به روابط همبرزایی، می‌توان آنها را به چهار نسل مجزا تقسیم نمود؛ این چهار نسل عبارتند از ۱- کانی‌سازی کوارتز + پیریت + کالکوپیریت ± کالکوسیت ± اسفالریت ± گالن، (با بافت افشان در متن توف) ۲- کانی‌سازی کوارتز + پیریت + هماتیت (با بافت افشان-لایه‌ای در توف)، ۳- کانی‌سازی کوارتز + پیریت + هماتیت + مگنتیت ± اسفالریت ± گالن، (با بافت رگچه‌ای داربستی در شیشه‌های ریولیتی شده) و ۴- کانی‌سازی رگه-رگچه‌ای کوارتز + پیریت ± اسفالریت ± گالن ± کالکوپیریت ± هماتیت ± مگنتیت.

دگرسانی

از جمله ویژگی‌های شاخص منطقه، گسترش وسیع فرآیندهای دگرسانی است که آثار آن به صورت تغییر رنگ، ساخت و بافت اولیه واحدهای سنگی نمایان است. دگرسانی‌های سیلیسی، سریسیتی، آرژیلیکی (حدواسط و پیشرفته) و کلریتی از جمله دگرسانی-های منطقه مورد بررسی هستند. کوارتز کانی اصلی همه مجموعه‌های دگرسانی در این منطقه بوده و گاهی نیز به شکل رگه‌ای و با بافت‌هایی چون گل کلمی، نواربندی متقارن، گل کلمی در همراهی با نواربندی متقارن در سنگ میزبان توف با ترکیب حدواسط و به شکل رگچه‌های متقاطع (داربستی) در سنگ میزبان شیشه‌های ریولیتی شده گسترده شده است (شکل ۶). پادگانه‌هایی از چشمه سنگ سیلیکا به همراه آغشتگی‌هایی از آهن در بخش جنوب شرقی منطقه تشکیل شده است (شکل‌های ۲ و ۶ چ). هاله‌های گسترده‌ای از کانی-های رسی بر بیشتر واحدهای سنگی منطقه اثر داشته است. جدول ۱ نتایج XRD نمونه‌های دگرسان شده و شکل ۷ الگوی XRD چهار نمونه از پهنه‌های کلریتی، سریسیتی-آرژیلیکی، آرژیلیکی حدواسط و پیشرفته را نشان می‌دهد. بر این اساس، مجموعه کانیایی کوارتز-کائولینیت-موسکویت-آلونیت-دیاسپور و آناتاز کانی‌های پهنه دگرسانی آرژیلیک پیشرفته هستند. همراهی کوارتز و دیاسپور در این پهنه می‌تواند نتیجه تغلیظ و تراکم سیال‌های اسیدی برآمده از ماگما، در شرایط اشباع از بخار و در دمای بین ۲۸۵ و ۳۲۰ ^{o}C باشد [۲۱، ۲۲].

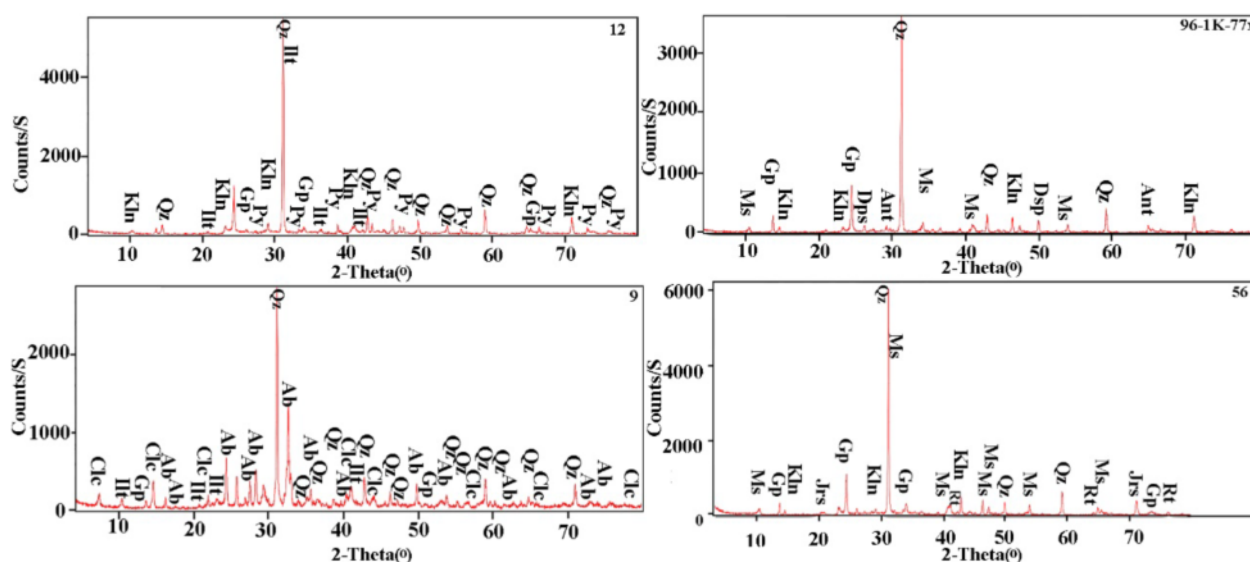


شکل ۶ تصاویر نمونه دستی از الف و ب) نمونه سنگی که به طور کامل توسط کوارتز با بافت گل کلمی جایگزین شده است، پ) بافت نواربندی متقارن در نمونه سیلیسی شده؛ ت) آرایش بلورهای کوارتز با بافت گل کلمی و نواربندی متقارن، ث) رگچه‌های کوارتز با بافت شانه‌ای در شیشه ریولیتی‌شده، ج) رگچه کوارتز و بافت فضا پرکن در شیشه ریولیتی شده، چ) نمونه دستی چشمه سنگ سیلیکا با آغشتگی آهن به رنگ قرمز آجری و ح) رگه‌های کوارتز که هم را قطع کرده‌اند.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]

جدول ۱ نتایج پراش پرتو X (XRD) نمونه‌های مورد بررسی از مناطق دگرسان شده گستره کمر- گوو.

کد نمونه	کانی اصلی	کانی فرعی	نوع دگرسانی
96-1K-77X	کوارتز	ژیپس، کائولینیت، موسکویت، دیاسپور، آناتاز	آرژیلیک پیشرفته
QO-023XD	کوارتز	کائولینیت، آلونیت، ایلیت	آرژیلیک پیشرفته
96-G-181	کوارتز	موسکویت، کائولینیت، ایلیت، ژیپس	سریسیتی-آرژیلیکی
17	کوارتز	پیریت، دولومیت، موسکویت، کائولینیت، ژیپس	سریسیتی-آرژیلیکی
56	کوارتز، موسکویت	ژیپس، کائولینیت، جاروسیت، روتیل	سریسیتی-آرژیلیکی
1	کوارتز، موسکویت	پیریت، آلبیت، ورمیکولیت، ایلیت	سریسیتی-آرژیلیکی
8	کوارتز، آلبیت	اورتوکلاز، موسکویت، ورمیکولیت، لومونتیت، دیکیت	سریسیتی-آرژیلیکی
58	کوارتز، موسکویت	پیریت، دولومیت، کائولینیت	سریسیتی-آرژیلیکی
QO-016XD	کوارتز	پیریت، دولومیت، کائولینیت، ژیپس، آناتاز، موسکویت	سریسیتی-آرژیلیکی
59	کوارتز، دولومیت	پیریت، موسکویت، کائولینیت	سریسیتی-آرژیلیکی
QO-024XD	کوارتز	ژیپس، پیریت، دولومیت، موسکویت، کائولینیت	سریسیتی- آرژیلیکی
QO-009XD	کوارتز	ژیپس، آلبیت، دولومیت، کلینوکلر، گوتیت	کلریتی
QO-025XD	کوارتز	آلبیت، ژیپس، کلینوکلر، ایلیت، اورتوکلاز	کلریتی
QO-014XD	کوارتز	آلبیت، کلینوکلر، کلسیت، تورمالین، موسکویت	کلریتی
9	کوارتز، آلبیت	کلینوکلر، ایلیت، ژیپس	کلریتی
12	کوارتز، ایلیت	هماتیت، کائولینیت، ژیپس، جاروسیت، ایلیت	آرژیلیک حد واسط
QO-005XD	کوارتز	هماتیت، کائولینیت، ژیپس، جاروسیت، ایلیت	آرژیلیک حد واسط



شکل ۷ الگو و نتایج XRD سه نمونه از پهنه دگرسانی آرژیلیک پیشرفته (نمونه96-1K-77X)، کلریتی (نمونه 9)، سریسیتی- آرژیلیکی (نمونه 56) و آرژیلیک حدواسط (نمونه ۱۲). (Qz: کوارتز، Ilt: ایلیت، Gp: سنگ گچ، Ms: موسکویت، Ant: آناتاز، Ds: دیاسپور، Kln: کائولینیت، Rt: روتیل، Clc: کلینوکلر، Ab: آلبیت، Jrs: جاروسیت [۱۹].

هم‌زیستی کانی کوارتز-کائولینیت-آلونیت نیز در شرایط اسیدی سیال و در بیشینه دمای ^{o}C ۲۶۰ ممکن است [۲۳]. مجموعه کوارتز-کائولینیت-ایلیت کانی‌های شاخص دگرسانی آرژیلیک حدواسط هستند. نبود کانی اسمکتیت در این مجموعه می‌تواند نشان‌دهنده دمای بیش از ^{o}C ۲۰۰ برای سیال دگرسان کننده باشد [۲۴].

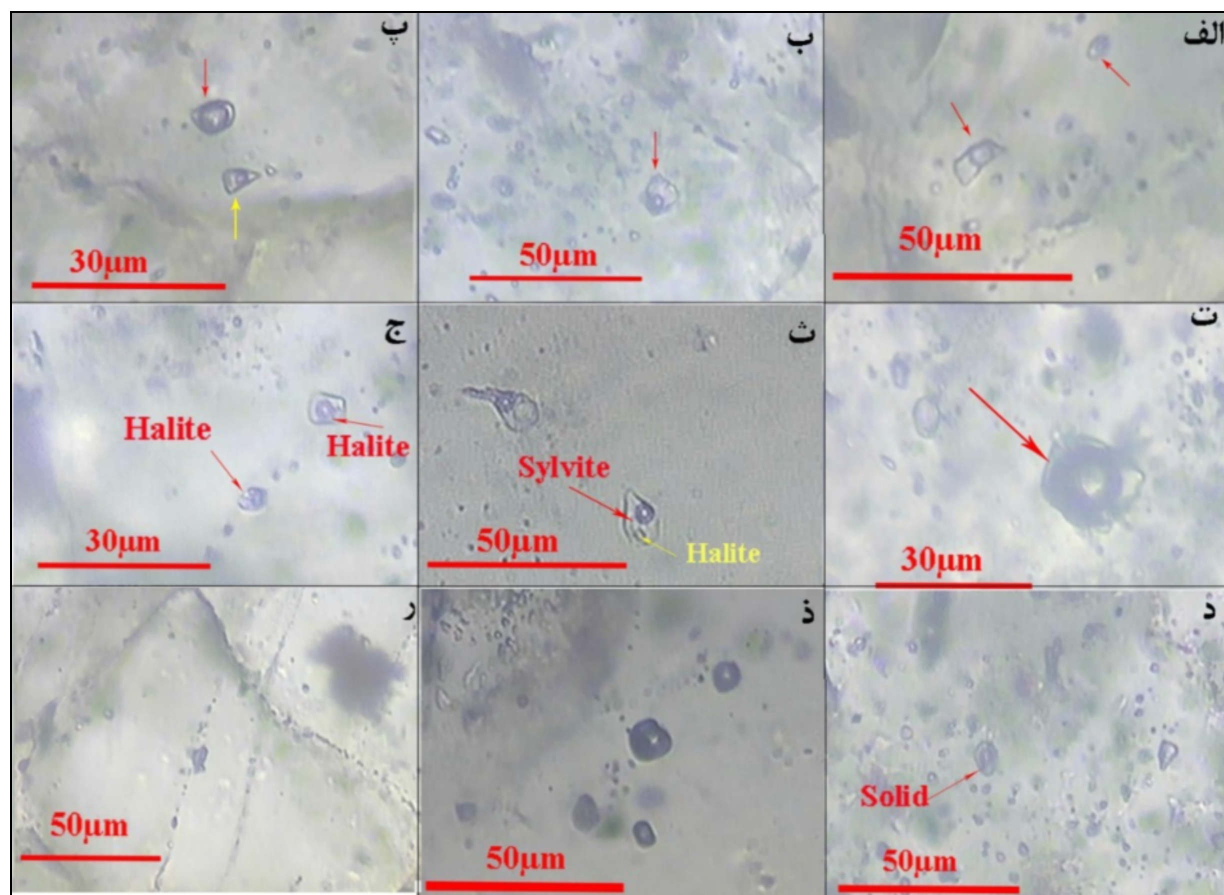
پهنه دگرسانی سریسیتی- آرژیلیکی که گسترش زیادی در منطقه دارد و اغلب توف‌های با ترکیب حدواسط را در برگرفته از مجموعه کانی‌های کوارتز-موسکویت (سریسیت)-کائولینیت-پیریت-دولومیت تشکیل شده است. تشکیل کانی پیریت از ویژگی‌های بارز این مجموعه است که به شکل رگچه‌ای، بین لامینه‌ای و به صورت افشان در توف‌ها دیده می‌شود. کانی‌های ثانویه‌ای چون ژیپس (نتیجه اکسایش کانی‌های سولفیدی مانند پیریت) که در بیشتر نمونه‌ها حضور دارد و گاهی نیز جاروسیت (ناشی از اکسایش کانی‌های سولفیدی در محیط غنی از اسید سولفات) همراه مجموعه کانی‌های پهنه دگرسانی سریسیتی-آرژیلیکی نشان‌دهنده اثر دگرسانی‌های ثانویه بر مجموعه‌های اولیه دگرسانی در منطقه مورد بررسی هستند. مجموعه کوارتز-آلبیت-کلینوکلر-پیریت کانی‌های رایج پهنه کلریتی (پروپیلیتی ضعیف) هستند. این پهنه دگرسانی در بخش بیرونی‌تر پهنه دگرسانی سریسیتی-آرژیلیکی گسترده شده و بیشتر با انباشت‌های آتشفشانی و نیمه عمیق با ترکیب حدواسط و بازیک در ارتباط است.

میانبارهای سیال

تعیین نوع کانسار از مهم‌ترین کاربردهای میانبارهای سیال است و اطلاعات با ارزشی در مورد چگونگی حمل و ترسیب مواد کانسارساز به دست می‌دهد [۱۶]. بر اساس تقسیم‌بندی‌های رایج [۱۶، ۱۷]، در مجموع سه نوع اصلی میانبار سیال اولیه در نمونه‌های کوارتز همراه کانی‌سازی افشان و رگه - رگچه‌های سیلیسی دارای کانی‌سازی تشخیص داده شده‌اند: ۱) میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع، ۲) میانبارهای سیال غنی از بخار و ۳) میانبارهای اشباع از نمک. میانبارهای نوع اول در کانی‌سازی نوع افشان و رگه - رگچه‌های سیلیسی و میانبارهای نوع دوم و سوم در کانی‌سازی نوع رگه - رگچه‌ای سیلیسی دید شده‌اند. میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع از دو فاز مایع و بخار تشکیل شده‌اند و درجه پرشدگی فاز مایع از ۶۰ تا ۹۵ درصد متغیر است. این میانبارها به شکل چندوجهی نامنظم، بیضی شکل و کشیده هستند و اندازه آنها ۴ تا ۱۷ میکرون است (شکل‌های ۸ الف و ب). در میانبارهای سیال دوفازی غنی از بخار، فاز بخار ۸۰ تا ۹۰ درصد حجمی میانبار را اشغال کرده است. شکل این میانبارها، چند وجهی نامنظم بوده و اندازه آنها از ۱۱ تا ۲۲ میکرون متغیر است (شکل‌های ۸ پ و ت). میانبارهای اشباع از نمک در دمای اتاق از فازهای بخار + مایع + بلور هالیت ± سیلویت ± فاز کدر (کانی فلزی) تشکیل شده‌اند. شکل میانبارهای اشباع از نمک چندوجهی نامنظم بوده و اندازه آنها از ۷ تا ۱۵ میکرون متغیر است (شکل‌های ۸ ث تا چ). حضور فاز کدر دختر (به صورت فاز ناشناخته) در این نوع میانبارها رایج است و کانی‌های دختر کدر، با عبور میانبار از دمای مورد انتظار همگن شدگی همگن نمی‌شوند. این امر می‌تواند نشان‌دهنده نشت H_2 از میانبارها پس از به تله افتادن آنها باشد [۲۵]. از دیگر انواع میانبارهای درون رگه-رگچه‌های سیلیسی، میانبارهای تک فاز گازی و میانبارهای ثانویه که مرزهای بلوری را قطع کرده‌اند، هستند (شکل ۸ ح تا خ).

جدول ۲، چکیده‌ای از داده‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال اولیه از کانی‌های کوارتز را ارائه می‌دهد. در نمونه‌های مورد بررسی، دمای آخرین ذوب یخ در میانبارهای سیال دوفازی غنی از مایع در گستره ۱۳٫۳- تا ۰٫۶- درجه سانتی‌گراد است. بر اساس معادله بودنار [۲۶]، گستره شوری این میانبارها ۱٫۰۵ تا ۱۴ درصد وزنی معادل نمک طعام بوده و بیش‌ترین فراوانی شوری مربوط به گستره ۱ تا ۶ درصد وزنی معادل نمک طعام است (شکل ۹ ب). براساس روش استرنر [۲۷] و سانچز و همکاران [۲۸]، مقدار شوری میانبارهای سه فازی (مایع + بخار + هالیت) ۲۸٫۵ تا ۴۰٫۲۲ درصد وزنی نمک طعام و در میانبارهای دارای هالیت+سیلویت معادل ۲۳٫۰۴ درصد وزنی نمک طعام محاسبه شد. دمای همگن شدگی در این میانبارها از ۱۷۱ تا ۴۳۰ درجه سانتی‌گراد متغیر بوده (جدول ۲) و بیشترین فراوانی دمای همگن شدگی مربوط به گستره دمایی ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۹ الف).

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]



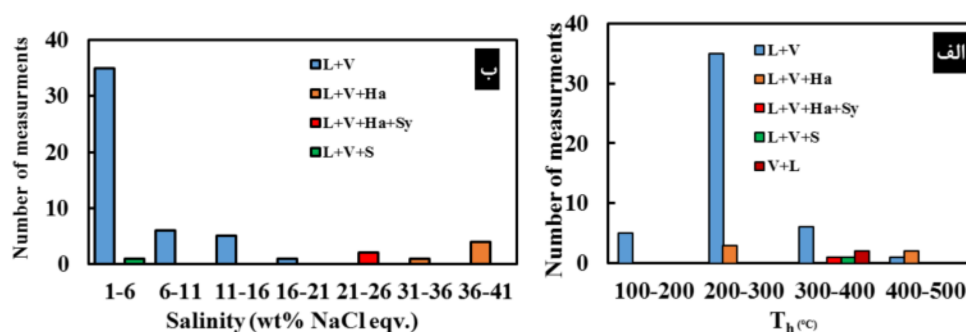
شکل۸ نوع و شکل میانبارهای سیال الف و ب) دوفازی غنی از مایع (پیکان قرمز)؛ پ) دوفازی غنی از بخار (پیکان قرمز) و دوفازی غنی از مایع (پیکان زرد)؛ ت) دوفازی غنی از بخار؛ ث) میانبارهای اشباع از نمک، فازهای بخار + مایع + بلور هالیت ± سیلویت؛ ج) میانبار سه‌فازی بخار + مایع + بلور هالیت؛ چ) میانبار سه‌فازی بخار + مایع + جامد (فاز ناشناخته)؛ ح) میانبارهای تک‌فاز بخار؛ خ) میانبارهای ثانویه‌ای که مرز بلوری را قطع کرده‌اند.

جدول ۲ چکیده داده‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال اولیه کانی‌های کوارتز در منطقه مورد بررسی کمر- گوو.

توضیحات	چگالی (gr/cm^3)	شوری (wt% NaCl eqv.)	$T_{m(sylvite)}$	$T_{m(Halite)}$	$T_{m}ice$ (°C)	T_h (°C)	فاز	نمونه
رگه سیلیسی	-	۳٫۳۸ -۱٫۵۶	-	-	(-۲)-(-۱)	۲۹۰-۲۳۱	L+V	96-1K-23F
رگه سیلیسی	-	۲٫۴۹ -۱٫۵۶	-	-	(-۱)-(-۱٫۵)	۲۸۰-۲۴۴	L+V	96-1K-28F
رگه سیلیسی	۰٫۹۱۴ -۰٫۴۸۶	۱۱٫۱ -۱٫۲۲	-	-	(-۰٫۷)-(-۷٫۵)	۳۸۷-۱۹۸	L+V	Km-DPS01
رگه سیلیسی	۰٫۴۹۲	-	-	-	۰	۳۸۵	V+L	
رگه سیلیسی	۱٫۱۷۹ -۱٫۱۵۲	۴۰٫۲۲ -۳۵٫۲۴	-	۳۱۶-۲۵۰	-	۲۵۰-۲۰۶	V+L+Ha*	
رگه سیلیسی		۲۳٫۰۴	۲۴۰	۳۱۱	-	۳۲۵	V+L+Ha+Sy**	
رگه سیلیسی	۰٫۸۲۱ -۰٫۳۷۹	۵٫۷۱ -۱٫۰۵	-	-	(-۰٫۶)-(-۳٫۵)	۴۳۰-۲۵۲	L+V	Km-DPS02
رگه سیلیسی	-	-	-	-		۳۷۳	V+L	
رگه سیلیسی	۰٫۹۴۴ -۰٫۹	۳۸٫۵۲ -۲۸٫۵	-	۳۰۷-۱۹۰	-	۴۹۰-۴۴۲	L+V+Ha	
رگه سیلیسی	۰٫۷۱۵	۵٫۴۱	-	-	-۳٫۳	۳۳۰	L+V+S***	
کانی‌سازی افشان	۱٫۰۱ -۰٫۹۴	۱۴ -۱۰٫۹	-	-	(-۷٫۲)-(-۱۳٫۳)	۲۰۷-۱۷۱	L+V	10

(*هالیت، **سیلویت، ***فاز جامد)

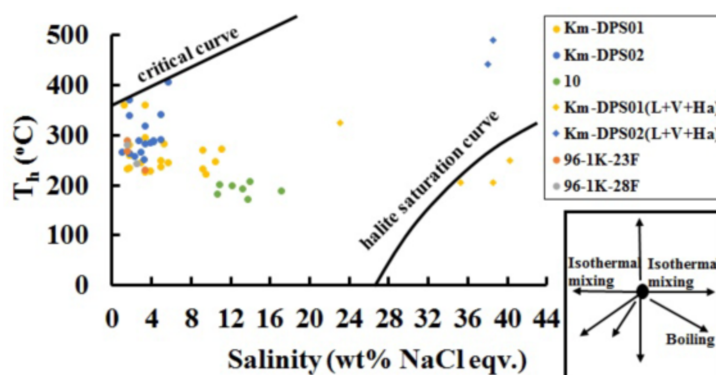
[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]



شکل۹ نمودارهای الف) دمای همگن شدن و ب) شوری میانبارهای سیال منطقه مورد بررسی کمر-گوو

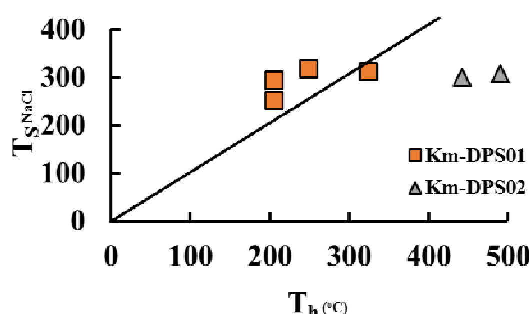
برای تعیین مسیر تکاملی سیال از نمودار دو متغیری شوری-دمای همگن‌شدگی [۱۷] استفاده شد (شکل ۱۰). میانبارها روند نسبی تقریباً مسطحی نشان می‌دهند. در نمونه‌های با کانه‌سازی افشان در متن سنگ (نمونه 10)، روند تکامل سیال‌ها بیشتر سطحی است، اما در نمونه‌های رگچه‌های سیلیسی (نمونه‌های Km-DPS01 و Km-DPS02) روند تکامل سیال‌ها طی کاهش دما از سمت شوری‌های کمتر به شوری‌های بیشتر است. نزدیک شدن برخی از میانبارهای سیال دو فازی (نمونه‌های Km-DPS01 و Km-DPS02) در حالی که به حالت مایع همگن شده‌اند و دمای بالای این میانبارها در حالی که سایر میانبارها دمای به نسبت کمتری را نشان می‌دهند، می‌تواند نشان‌دهنده یک مسیر ناهنجار باشد. این مسیر کاذب می‌تواند ناشی از فرآیند نشت (که در نتیجه آن، میانبارها به طور ناهنجار دمای بالاتری نشان می‌دهند) طی گرم کردن میانبار و یا فرآیند دم بریدگی باشد [۱۷] که با توجه به نبود گزارشی از میانبارهای دم‌بریده، مورد نخست محتمل‌تر به نظر می‌رسد. روند مسطح در نمونه‌ها را می‌توان براساس آمیختگی یک سیال با شوری کم و دمای بالا با یک سیال با شوری بالا و کمی سردتر و یا با جوشش سیال تفسیر کرد.

دمای سامانه طی فرآیند جوشش، تا زمان تبدیل کامل فاز مایع به بخار، ثابت می‌ماند. در ادامه روند جوشش، فازهای مایع با شوری بالا و فازهای بخار با شوری کم شکل می‌گیرند. در اینصورت، همزیستی فازهای غنی از مایع، غنی از بخار، بخار و میانبارهای چندفازی اشباع از نمک ممکن است [۱۷، ۲۹-۳۱]. برای اثبات رخداد فرآیند جوشش باید نشان داد که درون میانبارها، فاز بخار همزیست در دمایی نزدیک به فازهای غنی از مایع همگن می‌شود و نیز در میانبارهای هالیت‌دار، باید دمای ذوب هالیت نزدیک به دمای همگن شدن میانبار باشد (در نمودار T_sNaCl نسبت به T_H، موقعیت داده‌ها نزدیک به خط $T_H = T_sNaCl$ باشد) [۱۷]. در اثبات رخداد فرآیند جوشش طی تکامل سیال در منطقه مورد بررسی، در نمونه Km-DPS01 برداشت شده از رگچه سیلیسی تعدادی میانبار سیال غنی از بخار شناسایی شد. دمای همگن شدگی این میانبارهای غنی از بخار (۳۸۵ ^oC) نزدیک به دمای همگن شدگی تعدادی از میانبارهای غنی از مایع (۳۸۷ ^oC) است. از سویی نیز، در نمودار دمای ذوب هالیت نسبت به دمای همگن شدگی میانبارهای هالیت‌دار (شکل ۱۱)، داده‌های نمونه Km-DPS01، موقعیتی نزدیک به خط $T_H = T_sNaCl$ دارند.



شکل ۱۰ روندهای مختلف تکامل سیال در نمودار دو متغیره دما- شوری (برگرفته از مرجع [۱۷]).

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]

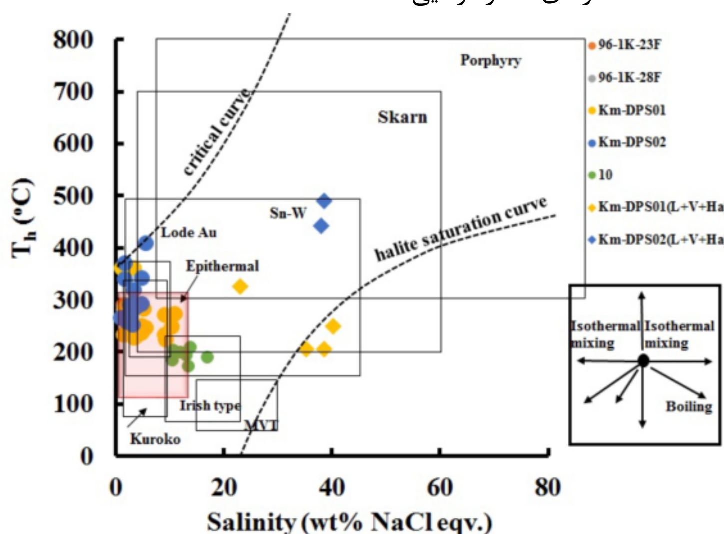


شکل ۱۱ نمودار Ts_{NaCl}-T_h میانبارهای هالیت‌دار به دام افتاده از یک سیال جوشان اشباع از NaCl [۱۷].

بر اساس این شواهد، فرآیند جوشش به احتمال بسیار به عنوان عاملی در ته‌نشینی سولفیدها و تشکیل بافت‌هایی چون گل کلمی و نواربندی متقارن در رگه-رگچه‌های سیلیسی، نقش داشته است. با توجه به دمای کمتر و شوری به نسبت بیشتر میانبارهای غنی از مایع در کوارتزهای همراه کانه‌سازی نوع افشان، این نوع کانه‌سازی یا در ادامه فرآیند جوشش با سردتر شدن فاز مایع باقی‌مانده و در پی آن کاهش دما و افزایش شوری، صورت گرفته و یا نتیجه آمیختگی یک سیال با شوری کم و دمای بالا با یک سیال با شوری بالا و کمی سردتر بوده است.

بیشتر میانبارهای سیال غنی از مایع بر اساس نمودار گستره‌های نوعی شوری-دمای همگن شدگی میانبارهای سیال که توسط ویلکینسون [۲۹] برای انواع مختلف کانسارها ارائه شده است، از نوع کانسارهای فراگرمایی هستند (شکل ۱۲).

بر اساس مطالب بیان شده نوع کانی‌سازی در منطقه مورد بررسی کمر-گوو بسیار شبیه کانسارهای فراگرمایی نوع سولفیدشدگی حدواسط است. کانسارهای فراگرمایی سولفیدشدگی حدواسط، در سنگ‌های آندزیتی تا ریولیتی در ارتباط با فعالیت ماگمایی کلسیمی اکسایشی تا آهکی قلیایی شکل می‌گیرند. این کانسارها کانی‌شناسی به نسبت ساده‌ای دارند و شامل مجموعه‌ای از کانی‌های پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و تتراهدریت-تنانتیت هستند. بیشتر این کانسارها به شکل رگه‌ای و یا برش‌هایی با چند کیلومتر طول هستند. بافت‌های رایج آنها نواربندی قشرگون (صلیبی شکل)، نواربندی متقارن، حفره‌ای، کوکاد و شانه‌ای هستند. کانی‌های با بافت‌های شاخص فرآیند جوشش در این نوع ذخایر کوارتز گل کلمی و قشرگون بوده و بافت‌های رایج در کلسیت‌های این ذخایر، بافت‌های تیغه‌ای و صفحه‌ای هستند. مقدار شوری و نیز بالابودن مقدار سولفید سیال در کانه‌سازی فلزهای پایه و نقره کانسارهای سولفیدشدگی حدواسط مؤثر است. فرآیندهایی چون جوشش سیال، رقیق‌شدگی سیال و یا آمیختگی و سولفیدشدگی سنگ دیواره در ته‌نشینی فلزها نقش عمده‌ای دارند [۳۲، ۳۳].



شکل۱۲ نوع کانی‌سازی سیال بر اساس روندهای تکامل سیال [۲۹].

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.4.8.8]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.4.683]

برداشت

نوع کانه‌سازی در منطقه مورد بررسی کمر-گوو، بر اساس ویژگی‌های نظیر شکلرگه-رگچه‌ای، بافت‌های نواربندی متقارن و کلوفرمی، کانی‌سازی اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و مگنتیت، شوری متوسط و درجه حرارت همگن‌شدن ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد میانبارهای سیال و دخیل بودن فرایند جوشش در ته‌نشینی مواد کانه، مشابه کانسارهای فراگرمایی سولفیدشدگی حدواسط می‌باشد. شوری بر پایه داده‌های ریزدماسنجی میانبارهای سیال و کانی‌سازی فلزهای پایه و دما بر اساس دمای همگن شدگی بیشتر میانبارهای غنی از مایع و مجموعه کانی‌های پهنه‌های دگرسانی، چون مجموعه کوارتز-موسکویت و دیاسپور در پهنه دگرسانی آرژیلیک پیشرفته و نبود اسمکتیت در پهنه دگرسانی آرژیلیک حدواسط به دست آمد.

قدردانی

نگارندگان از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه و سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) برخوردار بوده‌اند که به این وسیله مراتب سپاس خود را ابراز می‌دارند. نگارندگان هم‌چنین از ارائه نظرات و پیشنهادهای ارزنده و سازنده داوران محترم مجله سپاسگزاری می‌نمایند.

مراجع

[1] Motlagh S.H.M., Ghaderi M., "*The Chargar Au-Cu deposit: an example of low-sulfidation epithermal mineralization from the Tarom subzone, NW Iran*", Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen 196 (2019) 43-66.

[2] Aghajani S., Emami M.H., Lotfi M., Gholizadeh K., Ghasemi Siani M., "*Evidences of low-sulfidation Epithermal type mineralization in the Nikuyeh area, Qazvin-Iran*", SEG Conference (Building Exploration Capability for the 21st Century) (2014).

[3] Kouhestani H., Azimzadeh A.M., Mokhtari M.A.A., Ebrahimi M., "*Mineralization and fluid evolution of epithermal base metal veins from the Aqkand deposit, NW Iran*", Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen (2017) 139-155.

[4] Mehrabi B., Siani M.G., Goldfarb R., Azizi H., Ganerod M., Marsh E.E., "*Mineral assemblages, fluid evolution, and genesis of polymetallic epithermal veins, Glojeh district, NW Iran*", Ore Geology Reviews 78 (2016) 41-57.

[5] Zamanian H., Rahmani Sh., Jan Nesari M.R., Zarei Sahamiyeh R., Borna B., "*Ore-genests study of The Cu-Au vein-type deposit in The Taron-Granitoid (North Zanjan) based on mineralogical, geochemical and fluid inclusion evidences (in Persian)* ", Iranian Journal of Geosciences 25 (2016) 255-284.

[6] Mikaeili K., Hosseinzadeh M.R., Moayyed M., Maghfouri S., "*The Shah-Ali-Beiglou Zn-Pb-Cu (-Ag) Deposit, Iran: An Example of Intermediate Sulfidation Epithermal Type Mineralization*", Minerals 8 (2018) 148.

[7] Yasami N., Ghaderi M., Madanipour S., Taghilou B., "*Structural control on overprinting high-sulfidation epithermal on porphyry mineralization in the Chodarchay deposit, northwestern Iran*", Ore Geology Reviews 86 (2017) 212-224.

[8] Hosseinzadeh M. R., Maghfouri S., Moayyed M., Rahmani A., " *Khalifehlu deposit: high-sulfidation epithermal Cu-Au mineralization in the Tarom magmatic zone, North Khoramdareh (in Persian)* ", Iranian Journal of Geosciences 25 (2016) 179-194.

[9] Maghfouri S., Hosseinzadeh M.R., Moayyed M., Movahednia M., Choulet F., "*Geology, mineralization and sulfur isotopes geochemistry of the Mari Cu (Ag) Manto-type deposit, northern Zanjan, Iran*", Ore Geology Reviews 81 (2017) 10-22.

[10] Nabatian G., Ghaderi M., "*Oxygen isotope and fluid inclusion study of the Sorkhe-Dizaj iron oxide-apatite deposit, NW Iran*", International Geology Review 55 (2013) 397-410.

[11] Moayyed M., "*Petrological studies of volcanic-plutonic tertiary strip of West Alborz-Azerbaijan, with a special focus on Hashtjin region (in Persian)*", Ph.D thesis (2001) 329 p.

[12] Pars Pey Azma Company, "*Mineral exploration report of Ghezel Ozan anomalies in Ardabil province*", (2016) 1057p.

[13] Haj Alilou B., "*Tertiary metallurgy in West Alborz-Azerbaijan (Middle-Hashtrood) with a special view on Hashtjin region (in Persian)*", PhD thesis, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran (1999) 275 p.

[14] Masoomi R., Rahimsouri Y., Jamali H., Abedini A., "*Mineralogy and geochemistry of major and trace elements in argillic alteration zone of the Kamar district, NW Iran (in Persian)",* Iranian Journal of Geosciences 31 (2021) 123-136.

[15] Steele-MacInnis M., Bodnar R.J., Naden J., "*Numerical model to determine the composition of*

implications", Geochimica et Cosmochimica Acta 58 (1994) 141-148.

[26] Bodnar R.J., "*Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O-NaCl solutions*", Geochemica et Cosmochimica acta 57 (1993) 683-684.

[27] Sterner S.M., Hall D.L., Bodnar R.J., "*Synthetic fluid inclusions. V. Solubility relations in the system NaCl-KCl-H_2O under vapor-saturated conditions*", Geochimica et Cosmochimica Acta 52 (1988) 989-1005.

[28] Lecumberri-Sanchez P., Steele-MacInnis M., Bodnar R.J., "*A numerical model to estimate trapping conditions of fluid inclusions that homogenize by halite disappearance*", Geochimica et Cosmochimica Acta 92 (2012) 14-22.

[29] Wilkinson J.J., "*Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits*", Lithos 55 (2001) 229-272.

[30] Salehi Tinooni M., Abedini A., Alipour S., "*Investigation of mineralization, alteration, and fluid inclusions of the Takht-e-Gonbad copper deposit (northeast of Sirjan, SE Iran)*", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 29 (2021) 35-48.

[31] Salehi Tinooni M., Abedini A., Calagari A.A., "*Type of mineralization and studies of fluid inclusions of the Bolboli2 copper ore deposit, northeast of Sirjan, SE Iran*", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 28 (2020) 329-340.

[32] Sillitoe R.H., Hedenquist J.W., "*Linkages between volcanotectonic settings, ore fluid compositions, and epithermal precious metal deposits*", Society of Economic Geologist Spaecial Publication 10 (2003) 315-343.

[33] Wang L., Qin K.Z., Song G.X., Li G.M., "*A review of intermediate sulfidation epithermal deposits and subclassification*", Ore Geology Reviews 107 (2019) 434-456.

H_2O–NaCl–$CaCl_2$ fluid inclusions based on microthermometric and microanalytical data", Geochimica et Cosmochimica Acta 75 (2011) 21-40.

[16] Roedder E., "*fluid inclusions*", Reviews in mineralogy 12 (1984).

[17] Shepherd T. J., Rankin A. H., M Alderton D. H., "*A practical guide to fluid inclusion studies*", New York, Blackie (1985) 239 p.

[18] Nabavi M. H., "*An Introduction to the Geology of Iran",* Publications of the Geological Survey of Iran (1976) 109 p.

[19] Whitney D.L., Evans B.W., "*Abbreviations for names of rock-forming minerals*", American Mineralogist 95 (2010) 185-187.

[20] Mcphie J., Doyle M., Allen R., "*Volcanic textures, a guide the interpretation of textures in volcanic rocks*", University of Tasmania (1993) 191p.

[21] Voudouris P., "*Hydrothermal corundum, topaz, diaspore and alunite supergroup minerals in the advanced argillic alteration lithocap of the Kassiteres-Sapes porphyry-epithermal system, western Thrace, Greece*", Neues Jahrbuch für Mineralogie 191 (2014) 117-136.

[22] Simmons S.F., White N.C., John D.A., "*Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits*", Economic Geology 100 (2005) 485-522.

[23] Watanabe Y., Hedenquist J.W., "*Mineralogical and stable isotope zonation at the surface over the El Salvador porphyry copper deposit, Chile*", Economic Geology 96 (2001) 1775-1797.

[24] Barnes H.L., "*Geochemistry of hydrothermal ore deposits*", John Wiley and Sons (1997) 992p.

[25] Mavrogenes J.A., Bodnar R.J., "*Hydrogen movement into and out of fluid inclusions in quartz: Experimental evidence and geologic*